



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111944973 A

(43)申请公布日 2020.11.17

(21)申请号 201910412901.4

(22)申请日 2019.05.17

(71)申请人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫200号

(72)发明人 郇小伟 曹阳 袁绍

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心

32203

代理人 邹伟红

(51)Int.Cl.

C21D 8/02(2006.01)

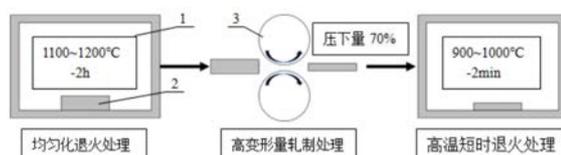
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种异质层状结构双相不锈钢的制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种异质层状结构双相不锈钢的制备方法。该方法首先将的热轧态双相不锈钢进行高温均匀化退火处理得到初始双相不锈钢,接着对其进行深度的冷轧处理,形成片层超细晶组织结构,有效增强其强度,最后在950~1100℃条件下对其进行1~3min的不完全再结晶退火处理,制备出异质层状结构双相不锈钢,其组织由铁素体中再结晶组织、超细晶组织和奥氏体中纳米孪晶组织共同组成。该种结构的双相不锈钢在有效保留超细双相不锈钢强度的同时,在拉伸过程中可通过背应力强化有效增强其拉伸塑性。异质层状结构双相不锈钢有效解决了在增强双相不锈钢延展性的同时几乎保留其强度接近轧态双相不锈钢,有效改善了双相不锈钢强塑性匹配性能,便于进一步工业应用。



1. 一种异质层状结构双相不锈钢的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1:初始均匀化退火处理在 $1100^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 下对双相不锈钢板进行2~4小时的退火处理,水冷,得到具有大晶粒特征的初始态双相不锈钢;

步骤2:高变形量轧制处理,对初始态双相不锈钢进行多道次轧制变形处理,直至压下量为60%~80%,得到高强度超细层状结构双相不锈钢,即轧态双相不锈钢;

步骤3:高温短时退火处理,在 $900^{\circ}\text{C}\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 下对轧态双相不锈钢进行1~3min短时退火处理,空冷,得到强塑性匹配优异的异质结构双相不锈钢。

2. 如权利要求1所述的异质层状结构双相不锈钢的制备方法,其特征在于,材料为工业2507双相不锈钢。

3. 如权利要求1所述的异质层状结构双相不锈钢的制备方法,其特征在于,步骤一中,均匀化退火的具体操作为先将退火炉升温至 $1100^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 后,再将双相不锈钢置于退火炉中进行退火。

4. 如权利要求1所述的异质层状结构双相不锈钢的制备方法,其特征在于,步骤一中,均匀化退火的冷却方式为水冷。

5. 如权利要求1所述的异质层状结构双相不锈钢的制备方法,其特征在于,步骤二中,每道次的压下量为2%,直至压下量为60~80%。

6. 如权利要求1所述的异质层状结构双相不锈钢的制备方法,其特征在于,步骤二中轧制方式为室温同步轧制,即冷轧。

7. 如权利要求1所述的异质层状结构双相不锈钢的制备方法,其特征在于,步骤三中高温短时退火的具体操作为先将退火炉升温至 $900^{\circ}\text{C}\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 后,再将双相不锈钢置于退火炉中进行退火。

8. 如权利要求1所述的异质层状结构双相不锈钢的制备方法,其特征在于,步骤三中高温短时退火的冷却方式为空冷。

9. 一种异质层状结构双相不锈钢的制备方法,其特征在于:

利用均匀化退火处理、高变形量轧制处理及高温短时退火处理制备异质层状结构双相不锈钢,包括三个程序:初始均匀化退火处理、高变形量轧制处理、高温短时退火处理,具体步骤如下:

步骤一:初始均匀化退火处理,在Fe-25Cr-7Ni-3Mo-0.3N双相不锈钢板材上切取 $100\text{mm}\times 50\text{mm}\times 10\text{mm}$ 的矩形样品并使用粒度600#~1500#的砂纸进行表面打磨至十分平整,将退火炉升温至 1100°C ,而后将双相不锈钢置于 1100°C 的高温退火炉中,保温2h,最后通过水冷方式冷却至室温;

步骤二:高变形量轧制处理,将高温长时退火后的Fe-25Cr-7Ni-3Mo-0.3N双相不锈钢通过辊径为120mm,辊宽为250mm的小型双辊轧制进行室温同步冷轧,上下压辊均为40Hz,每次轧下量为0.2mm,最终轧下量为70%,最终双相不锈钢板厚度为3mm;

步骤三:高温短时退火处理,将轧制压下量为70%的Fe-25Cr-7Ni-3Mo-0.3N双相不锈钢进行 1000°C 保温2min退火处理,具体方式为先将退火炉升温至 1000°C ,而后直接将轧制量为70%的双相不锈钢放入高温退火炉中进行退火处理,2min后取出并通过空冷方式冷却至室温,获得异质层状结构双相不锈钢。

一种异质层状结构双相不锈钢的制备方法

技术领域

[0001] 本发明为一种异质层状结构双相不锈钢的制备方法,属于材料制备领域。

背景技术

[0002] 双相不锈钢与奥氏体钢和铁素体钢相比具有更好的热导率、更低的线膨胀系数、更低的脆性转变温度、优异的强度和耐腐蚀性、优异的焊接性和抗氧化性,因此被广泛应用于造纸业、石油化工业、轻工业、食品业、海中作业、能源与环保业等广泛领域。随着科技的发展,各行业领域对双相不锈钢的综合力学性能有着进一步的要求。一般情况下,热轧态双相不锈钢的强度相对于冷变形态双相不锈钢的强度较低,很难满足更高强度需求的工业领域。因此,在提高双相不锈钢强度的同时,能有效增加双相不锈钢的拉伸塑性成为双相不锈钢是否能够进一步广泛应用的关键。

[0003] 剧烈塑性变形可以有效的细化晶粒从而达到提高强度的效果,常用的剧烈塑性变形工艺包括高压扭转,等通道角挤压以及累积叠轧等。这些方法虽然能大程度上提高双相不锈钢的强度,但随之而来的是其延展性和加工硬化率的降低。因此,进一步改善双相不锈钢的强塑性匹配对于实际工业及应用来说是一个亟待解决的问题。

[0004] 近年来,大量研究表明金属材料组织的异质性可以有效的提高材料的综合力学性能。梯度结构、双峰结构、谐波结构以及异质层状结构能够提高材料的强塑性匹配性能的主要原因是材料中引入了应变梯度和软硬界面,在变形的过程中细化的晶粒以及背应力提高了材料的屈服强度,同时,软硬界面处大量增殖的几何必须位错增强了材料的拉伸塑性。

[0005] 经对现有技术的文献检索发现Xie L等人在《Materials Science and Engineering:A》(材料科学与工程A,2018,738:190-193)上发表的“Managing both strength and ductility in duplex stainless steel with heterogeneous lamella structure”,(异质层状结构双相不锈钢的强塑性匹配调控)一文描述了一种提高双相不锈钢强塑性匹配的方法。其强度最高能接近1000MPa,均匀延伸率为20%,但是该方法处理后双相不锈钢的强度相对轧制态(冷变形态)双相不锈钢的强度下降较为明显,不能满足更高强度要求的工业应用领域。对于进一步改进异质结构双相不锈钢的加工形成参数以及性能,以达到实现提高双相不锈钢延展性的同时有效保持其强度仍然是科学界一项难以解决的问题。

发明内容

[0006] 本发明的目的针对热轧态双相不锈钢强度低而超细晶/纳米晶态双相不锈钢塑性极低这一矛盾,提出了一种异质层状结构双相不锈钢的制备方法。

[0007] 本发明是通过以下技术方案实现的,一种异质层状结构双相不锈钢的制备方法,所使用的双相不锈钢为工业2507双相不锈钢,包括以下步骤:

[0008] 第一步:初始均匀化退火处理。在1100℃~1200℃下对双相不锈钢板进行2~4小时的退火处理,水冷,得到具有大晶粒特征的初始态双相不锈钢;

[0009] 第二步:高变形量轧制处理。对初始态双相不锈钢进行多道次轧制变形处理,直至压下量为60%~80%,得到高强度超细层状结构双相不锈钢,即轧态双相不锈钢;

[0010] 第三步:高温短时退火处理。在900℃~1100℃下对轧态双相不锈钢进行1~3min短时退火处理,空冷,得到强塑性匹配优异的异质结构双相不锈钢。

[0011] 进一步的,第一步及第三步中,退火处理均为退火炉先升温至指定温度后再将材料放入退火炉中。

[0012] 与现有技术相比,本发明包括以下技术效果:

[0013] (1) 本发明采用工业中成熟运用的轧制及退火工艺,通过多道次、高变形量轧制及短时退火处理;一方面在保证材料不会发生失效前提下,通过高变形量轧制处理可为材料发生再结晶提供必要条件,另一方面,利用短时退火处理及双相再结晶形核的差异性可以成功制备异质层状结构双相不锈钢,异质层状结构双相不锈钢在拉伸过程中通过背应力强化机理在增强其拉伸塑性的同时,几乎保持了强度几乎不变;

[0014] (2) 本发明生产加工工艺简单,采用初始均匀化退火处理和后续轧制及短时退火处理即可得到异质层状结构双相不锈钢;

[0015] (3) 本发明制备过程清晰准确,可靠性高,效率高,材料成分可选择性广;

[0016] (4) 上述工艺所涉及设备装置结构简单,易于控制工艺和调控参数,且设备对工人技术要求不高。

附图说明

[0017] 图1为实施例工艺流程示意图。

[0018] 图2为初始态双相不锈钢金相图。

[0019] 图3为轧制70%双相不锈钢金相图。

[0020] 图4为轧制70%双相不锈钢经1000℃2min退火后形成的异质结构双相不锈钢TEM明场像。

[0021] 图5为不同退火参数下双相不锈钢力学性能曲线图。

[0022] 图6为轧制70%双相不锈钢经1000℃2min退火后形成的异质结构双相不锈钢循环加卸载(背应力)测试图。

[0023] 图7为上述异质结构双相不锈钢在拉伸过程中的背应力大小测试结果图。

[0024] 其中 γ 表示奥氏体, α 表示铁素体,1为退火炉,2为双相不锈钢板,3为小型轧辊。

[0025] 为具体说明本发明的实施方式,以Fe-25Cr-7Ni-3Mo-0.3N(2507)双相不锈钢为材料为例作出说明。实施步骤设计三个程序:初始双相不锈钢的均匀化退火处理、高变形量轧制处理、高温短时退火处理。

具体实施方式

[0026] 参照各附图,下面对本发明的实施例作详细说明,本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0027] 实施例1

[0028] 首先,本实施例采用如下的设备: $\phi 400 \times 350$ mm热轧冷轧多用途轧机、管式退火

炉。本实施例制备一种异质层状结构双相不锈钢的具体操作如下：

[0029] 步骤一：初始均匀化退火处理。在双相不锈钢板材上切取100mm×50mm×10mm的矩形样品并使用粒度600#~1500#的砂纸进行表面打磨至十分平整，将退火炉升温至1100℃，而后将双相不锈钢置于1100℃的高温退火炉中，保温2h，最后通过水冷方式冷却至室温。

[0030] 步骤二：高变形量轧制处理。将高温长时退火后的双相不锈钢通过辊径为120mm，辊宽为250mm的小型双辊轧制进行室温同步轧制（冷轧），上下压辊均为40Hz，每次轧下量为0.2mm，本次实验最终轧下量为70%，最终双相不锈钢板厚度为3mm。

[0031] 步骤三：高温短时退火处理。将轧制压下量为70%的双相不锈钢进行900℃保温2min退火处理，具体方式为先将退火炉升温至900℃，而后直接将轧制量为70%的双相不锈钢放入高温退火炉中进行退火处理，2min后取出并通过空冷方式冷却至室温，得到异质层状结构双相不锈钢。异质层状结构双相不锈钢的屈服强度高达1240MPa，抗拉强度高达1385MPa，均匀延伸率为1.4%，断裂延伸率为8.6%。可以看出通过本发明方法处理后的2507双相不锈钢与轧态双相不锈钢相比，在提高双相不锈钢强度的同时，有效提高了双相不锈钢的塑性和延展性，具有不错的强度-塑性匹配，背应力强化起到增强材料强塑性的作用，可以极大促进工业应用。

[0032] 实施例2

[0033] 首先，本实施例采用如下的设备：φ400×350mm热轧冷轧多用途轧机、管式退火炉。本实施例制备一种异质层状结构双相不锈钢的具体操作如下：

[0034] 步骤一：初始均匀化退火处理。在双相不锈钢板材上切取100mm×50mm×10mm的矩形样品并使用粒度600#~1500#的砂纸进行表面打磨至十分平整，将退火炉升温至1100℃，而后将的双相不锈钢置于1100℃的高温退火炉中，保温2h，最后通过水冷方式冷却至室温。

[0035] 步骤二：高变形量轧制处理。将高温长时退火后的双相不锈钢通过辊径为120mm，辊宽为250mm的小型双辊轧制进行室温同步轧制（冷轧），上下压辊均为40Hz，每次轧下量为0.2mm，本次实验最终轧下量为70%，最终双相不锈钢板厚度为3mm。

[0036] 步骤三：高温短时退火处理。将轧制压下量为70%的双相不锈钢进行950℃保温2min退火处理，具体方式为先将退火炉升温至950℃，而后直接将轧制量为70%的双相不锈钢放入高温退火炉中进行退火处理，2min后取出并通过空冷方式冷却至室温，得到异质层状结构双相不锈钢。异质层状结构双相不锈钢的屈服强度高达1150MPa，抗拉强度高达1245MPa，均匀延伸率为4.2%，断裂延伸率为11.5%。可以看出通过本发明方法处理后的2507双相不锈钢与轧态双相不锈钢相比，在基本保留双相不锈钢强度的同时，有效提高了双相不锈钢的塑性和延展性，具有不错的强度-塑性匹配，可以极大促进工业应用。

[0037] 实施例3

[0038] 首先，本实施例采用如下的设备：φ400×350mm热轧冷轧多用途轧机、管式退火炉。本实施例制备一种异质层状结构双相不锈钢的具体操作如下：

[0039] 步骤一：初始均匀化退火处理。在双相不锈钢板材上切取100mm×50mm×10mm的矩形样品并使用粒度600#~1500#的砂纸进行表面打磨至十分平整，将退火炉升温至1100℃，而后将双相不锈钢置于1100℃的高温退火炉中，保温2h，最后通过水冷方式冷却至室温。

[0040] 步骤二：高变形量轧制处理。将高温长时退火后的双相不锈钢通过辊径为120mm，辊宽为250mm的小型双辊轧制进行室温同步轧制（冷轧），上下压辊均为40Hz，每次轧下量为

0.2mm,本次实验最终轧下量为70%,最终双相不锈钢板厚度为3mm。

[0041] 步骤三:高温短时退火处理。将轧制压下量为70%的双相不锈钢进行1000℃保温2min退火处理,具体方式为先将退火炉升温至1000℃,而后直接将轧制量为70%的双相不锈钢放入高温退火炉中进行退火处理,2min后取出并通过空冷方式冷却至室温,得到异质层状结构双相不锈钢。异质层状结构双相不锈钢的屈服强度高达1150MPa,抗拉强度高达1245MPa,均匀延伸率为5.2%,断裂延伸率为12.5%。均匀化退火后及冷轧前后的初始双相不锈钢的金相图如图2、3所示,异质层状结构双相不锈钢的微观TEM明场像如图4所示,轧态及异质层状结构双相不锈钢的工程应力-工程应变曲线如图5所示,背应力强化(循环加卸载测试结果)如图6所示。可以看出通过本发明方法处理后的2507双相不锈钢与轧态双相不锈钢相比,在基本保留双相不锈钢强度的同时,有效提高了双相不锈钢的塑性和延展性,具有不错的强度-塑性匹配,可以极大促进工业应用。

[0042] 为进一步体现异质层状结构双相不锈钢的组织及力学性能特点,下面给出对比实施例进行比较。

[0043] 实施例4

[0044] 首先,本实施例采用如下的设备:Φ400×350mm热轧冷轧多用途轧机、管式退火炉。本实施例制备一种异质层状结构双相不锈钢的具体操作如下:

[0045] 步骤一:初始均匀化退火处理。在双相不锈钢板材上切取100mm×50mm×10mm的矩形样品并使用粒度600#~1500#的砂纸进行表面打磨至十分平整,将退火炉升温至1100℃,而后将双相不锈钢置于1100℃的高温退火炉中,保温2h,最后通过水冷方式冷却至室温。

[0046] 步骤二:高变形量轧制处理。将高温长时退火后的双相不锈钢通过辊径为120mm,辊宽为250mm的小型双辊轧制进行室温同步轧制(冷轧),上下压辊均为40Hz,每次轧下量为0.2mm,本次实验最终轧下量为70%,最终双相不锈钢板厚度为3mm。

[0047] 步骤三:高温短时退火处理。将轧制压下量为70%的双相不锈钢进行900℃保温30S退火处理,具体方式为先将退火炉升温至900℃,而后直接将轧制量为70%的双相不锈钢放入高温退火炉中进行退火处理,30S后取出并通过空冷方式冷却至室温,得到异质层状结构双相不锈钢。异质层状结构双相不锈钢的屈服强度高达1120MPa,抗拉强度高达1260MPa,均匀延伸率仅仅为1.0%,断裂延伸率仅仅为10.1%。可以看出在更短时间下退火双相不锈钢的组织仅仅处于回复状态,其力学性能与轧态双相不锈钢相比基本无明显变化无法促进工业应用。

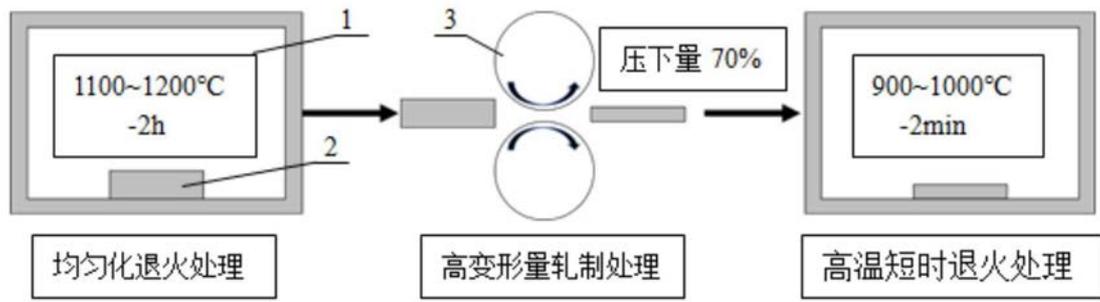


图1

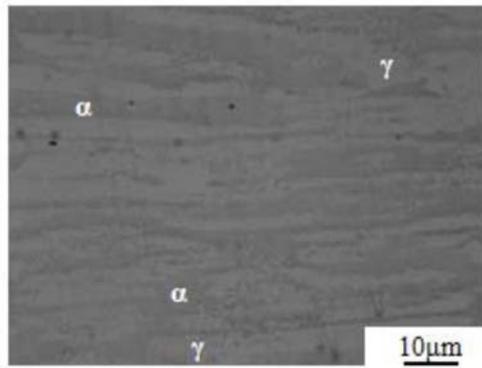


图2

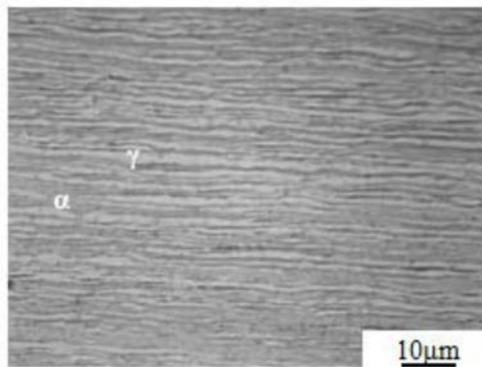


图3

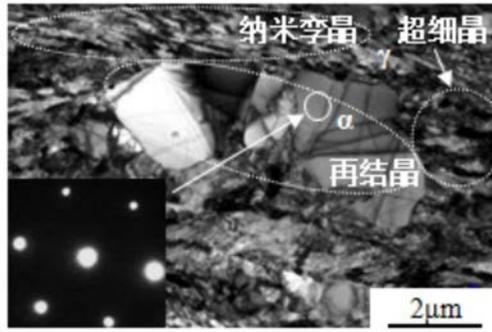


图4

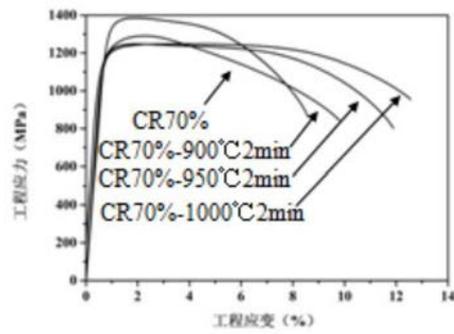


图5

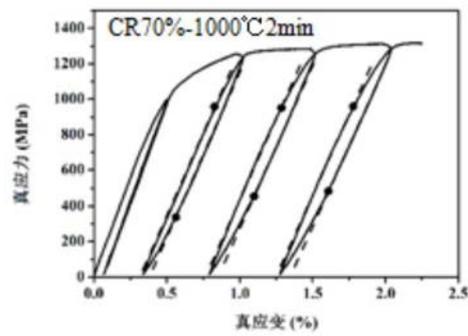


图6

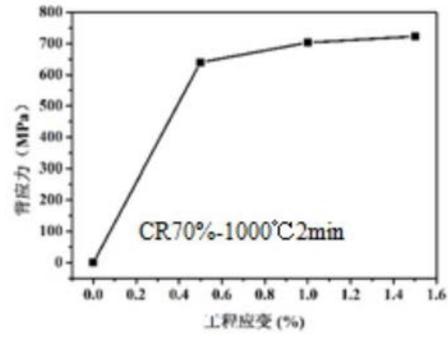


图7